

論文の内容の要旨

氏名：矢 吹 千 晶

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：酸蝕がユニバーサルアドヒーズのエナメル質接着性および超音波縦波音速に及ぼす影響

コンポジットレジン修復に用いられる歯質接着システムは、臨床ステップ数を簡略化するとともに、口腔内で安定した接着性を発揮することを開発の方向性としている。最近では、優れた接着性を有しながら異なる被着体に接着性を示すとともに、複数のエッチングモードで使用可能なユニバーサルアドヒーズが臨床使用されている。このユニバーサルアドヒーズに関しては、エッチングモード、アドヒーズの塗布法あるいは試片の保管条件が歯質接着性に及ぼす影響などについて検討されており、その結果として比較的高い評価が得られている。さらに、口腔内で負荷される温熱刺激あるいは咬合負荷などをシミュレートした疲労試験なども行われており、臨床使用における有用性についても検討が継続されている。

近年、ライフスタイルの変化に伴って食生活習慣にも影響が認められるようになり、酸性飲食物を継続的に摂取することに起因する酸蝕歯の発症が問題となっている。この疾患は、齲蝕と歯周病につづく第3の口腔疾患ともされており、予防法とともに治療法について議論されている。酸蝕歯は、齲蝕原因菌が産生した酸とは異なり、飲食物に由来する酸によって経年的に引き起こされるものであり、さらに咬耗あるいは摩耗が関与することで複雑な進行形態を示す。この疾患への臨床的対応としては、初期段階においては脱灰を抑制することを主眼とした保存的治療が行われるが、実質欠損を伴った症例では、コンポジットレジンなどを用いた修復処置が行われる。

しかし、最新の接着システムであるユニバーサルアドヒーズが、酸の影響を受けた歯質に対して、どの程度の接着性を示すかについては不明な点が多い。

そこで本論文では、口腔内において繰り返して低 pH 環境に曝された被着歯面を想定し、酸蝕歯に対するユニバーサルエナメルアドヒーズのエナメル質接着性について、剪断接着試験を行うことによって検討した。さらに、被着歯面の脱灰状態を知るために超音波測定を行うとともにレーザー走査顕微鏡（LSM）を用いて観察を行った。

被着歯面として、ウシ抜去歯の歯冠部を常温重合型レジンに包埋し、直径 6~8 mm のエナメル質平坦面が得られるように唇側中央部を耐水性シリコンカーバイドペーパーで順次研削した。脱灰条件としては、1.23%クエン酸溶液（pH 2.1, 6.4×10^{-2} mol/L）を用いて1分間作用させ水洗と乾燥させる操作を5回繰り返した後、人工唾液（pH 7.0, 14.4 mM NaCl, 16.1 mM KCl, 0.3 mM $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, 2.0 mM K_2HPO_4 , 1.0 mM $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ および 0.10 g% sodium carboxymethyl cellulose）に1分間保管した（直後群）。また、直後群と同様の処理を1日に2回、7日間行ったものを7日群とするとともに、脱灰操作を行うことなく人工唾液に保管したものをコントロール群とした。

供試したユニバーサルアドヒーズは、All-Bond Universal（以後 AB, Bisco）、Adhese Universal（以後 AU, Ivoclar Vivadent）および Scotchbond Universal Adhesive（以後 SU, 3M ESPE）の3製品とした。コンポジットレジンとしては、Crearfil AP-X（シェード A2, Kuraray Noritake Dental）を用いた。可視光線照射器（Optilux 501, Kerr）は、その光強度が $600mW/cm^2$ 以上を保っていることを確認して使用した。各脱灰条件に従って処理された酸蝕エナメル質に、直径 4 mm の穴の開いた両面テープを貼付することによって被着面積を規定した。製造者指示条件に従ってアドヒーズを塗布、円筒形デュラコン型（高さ 2 mm, 直径 4 mm）にコンポジットレジンを填塞した後に、30秒間照射を行い、これを接着試験用試片とした。試片は 37°C の蒸留水中に 24 時間保管した後、万能試験機（Type5500R, Instron）を用いてクロスヘッドスピード毎分 1.0 mm の条件で接着強さを測定した。接着試験を終了した試片について、10 倍の倍率で光学顕微鏡（SZH-131, Olympus）を用いて接着部位の歯面およびコンポジットレジンを観察し、破壊形式を判定した。

超音波測定に使用した試片は、ウシ抜去歯から低速精密切断機（IsoMet 1000, Buehler）を用いて

唇舌的に幅 1 mm のエナメル質を切り出し、ダイヤモンドディスク (ISO #021, Shofu) を用いて 6 × 6 × 1 mm のブロック体に調整した。次いで、耐水性シリコンカーバイドペーパーを用いて研磨し、平坦な表面を作製した。この試験片をダイヤルゲージマイクロメーター (CPM15-25DM, Mitutoyo) を用いて、最終的な試験片の厚さを測定した。

超音波測定は、縦波用トランスデューサ (V112, Panametrics), パルサーレシーバ (Model 5900PR, Panametrics) およびオシロスコープ (Wave Runner LT584, LeCroy) から構成されたシステムを用いて行った。測定時期としては、脱灰処理前から 1, 3, 7 および 14 日後とした。また、試験片の形態観察には、超音波測定と同様に製作したエナメル質面を三次元 LSM (VK-8700, Keyence) を用いて行った。

その結果、供試したユニバーサルアドヒージブの接着強さは、コントロール群において 15.6~16.5 MPa であったのに対して、直後群においては 18.1~18.7 MPa であり、いずれのユニバーサルアドヒージブにおいても有意差は認められなかった。すなわち、低 pH 環境に曝された被着エナメル質面であっても、それが比較的短時間であり、脱灰が極めて軽微な場合にはユニバーサルアドヒージブの接着性には影響を及ぼさないことが示された。一方、7 日群の接着強さは 21.0~22.8 MPa であり、いずれのユニバーサルアドヒージブにおいてもコントロール群と比較して有意に高い値を示した。本実験に供試したユニバーサルアドヒージブの pH は 2.5~3.1 であり、酸性度の分類からはマイルドタイプとされている。したがって、エナメル質表面の脱灰が進行した被着面に対して、ユニバーサルアドヒージブが浸透するとともにそこで硬化することによって、機械的嵌合力が向上したことによるものと考えられた。

超音波測定においては、コントロール群の縦波音速は 6,827~6,832 m/s であり、保管期間の違いによる差は認められなかった。一方、脱灰処理を行った試験片の縦波音速は経過時間に伴って低下する傾向を示し、3 日後では 6,694 m/s と、コントロール群と比較して有意に低い値を示した。この音速の低下は、エナメル質から無機質成分の流失を示し、エナメル質に構造的変化をもたらした結果と考えられた。

LSM 観察からは、脱灰条件において、エナメル質表面の凹凸が 1 日後にすでに著明に認められた。その後、浸漬時間の経過とともにエナメル質表面の凹凸は平坦化する傾向を示し、形態学的な変化は時間に依存するものであった。酸蝕の初期においては、エナメル質表面が粗糙化したところから、エナメル質接着に対しての機械的嵌合力を向上させた可能性が考えられる。しかし、酸蝕が進行することでアパタイト結晶が損傷され、局所的な構造変化としてエナメル質が多孔性となることで機械的性質が低下すると考えられている。したがって、酸蝕エナメル質は部分的には強固な接着系形成を可能にするが、エナメル質の構造変化によって接着試験時に被着体の凝集破壊が生じたものと考えられた。

本実験の結果から、酸蝕はユニバーサルシステムのエナメル質接着性に影響を及ぼすことが示された。したがって、酸蝕エナメル質に対するユニバーサルアドヒージブの接着性向上、とくに耐久性を獲得するためにはさらなる検討が必要であり、被着対象となる歯質の状態の把握、歯質の再石灰化あるいは適切な歯面処理などを検討することが必要であることが示唆された。